

ISSN: 2086-9045

Inersia

Jurnal Teknik Sipil

Artikel

Perilaku Kuat Tekan Mortar Semen Pasangan Dengan Abu Sabut Cangkang Sawit Yang Dioven Dan Tidak Dioven
Elhusna, Agustin Gunawan, Dofi Hendro Fogi

Perencanaan Sumur Resapan Air Hujan Untuk Konservasi Air Tanah Di Daerah Permukiman (Studi Kasus Di Perumahan RT. II, III Dan IV Perumnas Lingkar Timur Bengkulu)
Kurnia Iriani, Agustin Gunawan, Besperi

Sumur Resapan Air Limbah Kamar Mandi Untuk Keseimbangan Permukaan Air Tanah Di Daerah Permukiman (Studi Kasus Di perumahan RT. II, III Dan IV Perumnas Lingkar Timur Bengkulu)
Anggun Lia Anestri, Agustin Gunawan, Besperi

Evaluasi Kinerja Saluran Primer Dan Bangunan Sadap Untuk Menentukan Metode Pemeliharaan Daerah Irigasi Air Ngalam Kabupaten Seluma
Fanny Dwiylitasari Edwar, Muhammad Fauzi, Besperi

Pengaruh Angin Terhadap Tinggi Gelombang Pada Struktur Bangunan *Breakwater* Di Tapak Paderi Kota Bengkulu
Prima Nadia, Muhammad Ali, Besperi

Efektifitas Penerapan Belok Kiri Langsung (Studi Kasus Jalan Soeprapto Kota Bengkulu)
Samsul Bahri, Vitria Elsandiy

Stability Analysis Of Edge River Lawe Liang Pangi At Leuser Sub-District, Southeast Aceh Regency Towards Flash Flood
Azmeri, Devi Sundry

Kajian Pengaruh Penambahan Abu Cangkang Sawit Terhadap Kuat Tekan Bata Merah
Deltiana Rosalia, Elhusna, Agustin Gunawan

Analisis Optimasi Biaya Konstruksi Kolom Dengan Variasi Nilai ρ Dan f_c'
Gerry Revaldo, Fepy Supriani, Mukhlis Islam

Analisis Optimasi Biaya Konstruksi Balok Dengan Variasi Nilai ρ Dan f_c'
Marrolan, Fepy Supriani, Mukhlis Islam

**Fakultas Teknik
Universitas Bengkulu**

Vol. 5 No. 1 April 2013

VOLUME 5 NO. 1 April 2013
NOMOR ISSN : 2086-9045

JURNAL TEKNIK SIPIL INERSIA

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK, UNIVERSITAS BENGKULU

DAFTAR ISI :

Perilaku Kuat Tekan Mortar Semen Pasangan Dengan Abu Sabut Cangkang Sawit Yang Dioven dan Yang Tidak Dioven (Elhusna, Agustin Gunawan, Dofi Hendro Fogi)	1 – 8
Perencanaan Sumur Resapan Air Hujan Untuk Konservasi Air Tanah Di Daerah Permukiman (Studi Kasus Di Perumahan RT. II, III Dan IV Perumnas Lingkar Timur Bengkulu) (Kurnia Iriani, Agustin Gunawan, Besperi)	9 – 21
Sumur Resapan Air Limbah Kamar Mandi Untuk Keseimbangan Permukaan Air Tanah Di Daerah Permukiman (Studi Kasus Di Perumahan RT. II, III Dan IV Perumnas Lingkar Timur Bengkulu) (Anggun Lia Anestri, Agustin Gunawan, Besperi)	23 – 30
Evaluasi Kinerja Saluran Primer Dan Bangunan Sadap Untuk Menentukan Metode Pemeliharaan Daerah Irigasi Air Ngalam Kabupaten Seluma (Fanny Dwiylitasari Edwar, Muhammad Fauzi, Besperi)	31 – 40
Pengaruh Angin Terhadap Tinggi Gelombang Pada Struktur Bangunan Breakwater Di Tapak Paderi Kota Bengkulu (Prima Nadia, Muhammad Ali, Besperi)	41 – 56
Efektifitas Penerapan Belok Kiri Langsung (Studi Kasus Jalan Soeprapto Kota Bengkulu) (Samsul Bahri, Vitria Elsandiy)	57 – 71
Stability Analysis Of Edge River Lawe Liang Pangli At Leuser Sub-District, Southeast Aceh Regency Towards Flash Flood (Azmeri, Devi Sundary)	73 – 84
Kajian Pengaruh Penambahan Abu Cangkang Sawit Terhadap Kuat Tekan Bata Merah (Deltiana Rosalia, Elhusna, Agustin Gunawan)	85 – 94
Analisis Optimasi Biaya Konstruksi Kolom Dengan Variasi Nilai p dan fc' (Gerry Revaldo, Fepy supriani, Mukhlis Islam)	95 – 116
Analisis Optimasi Biaya Konstruksi Balok Dengan Variasi Nilai p dan fc' (Marrolan, Fepy supriani, Mukhlis Islam)	117 – 135

EFEKTIVITAS PENERAPAN BELOK KIRI LANGSUNG (Studi Kasus Jalan Soeprapto Kota Bengkulu)

Samsul Bahri¹⁾, Vitria Elsandiy²⁾

¹⁾Dosen Program Studi Teknik Sipil-Fakultas Teknik Unib, Jl. WR. Supratman Kandang Limun, Bengkulu 38371, Telp. (0736)344087, Ext.337, Email : sbahri1972@yahoo.co.id

²⁾Alumni Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Unib, Email : Vitriaelsandiy@yahoo.co.id

Abstrak

Undang-Undang Nomor 22 RI Tahun 2009 tertulis bahwa pada persimpangan jalan yang dilengkapi Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas pengemudi kendaraan dilarang langsung berbelok kiri, kecuali ditentukan lain oleh Rambu Lalu Lintas. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas isyarat 'berbelok ke kiri langsung' dan pengaruhnya terhadap kapasitas Simpang Lima Kota Bengkulu. Hasilnya menunjukkan bahwa dalam hal derajat kejenuhan, kapasitas Simpang Lima Kota Bengkulu di jalan Soeprapto lebih baik setiap kali diterapkan belok kiri langsung pada saat isyarat merah. Hal ini diperlukan untuk mengevaluasi pengaturan lampu lalu lintas di Simpang Lima Kota Bengkulu karena derajat kejenuhan telah melampaui batas toleransi yang disarankan oleh MKJI 1997.

Kata kunci: belok kiri langsung, kapasitas, pengaturan lampu lalu lintas.

Abstract

RI Act No. 22 of 2009 states that on the intersection traffic light drivers are prohibited from turning left immediately, unless specified otherwise by traffic signs. This study aims to determine the effectiveness of the 'left turn on red' signal and its effect on the capacity of Simpang Lima Bengkulu city. The results showed that in terms of the degree of saturation, the capacity of Simpang Lima Bengkulu city at Soeprapto roads site is better whenever it is applied the left turn on red signal. It is necessary to evaluate the traffic light settings on Simpang Lima Bengkulu City because the degree of saturation has exceeded the tolerance limits suggested by MKJI 1997.

Keywords: left turn on red, capacity traffic light settings.

PENDAHULUAN

Pertambahan jumlah penduduk dan tumbuhnya sektor ekonomi, menyebabkan kebutuhan pergerakan manusia menjadi meningkat. Semakin tinggi tingkat mobilitas penduduk suatu kota, akan semakin tinggi juga tingkat perjalanannya. Meningkatnya perjalanan kendaraan yang diikuti dengan peningkatan kualitas dan kuantitas prasarana transportasi yang memadai, dapat mengakibatkan ketidakseimbangan antara tuntutan perjalanan yang lebih besar dibandingkan dengan ketersediaan prasarana transportasi

yang ada. Situasi yang demikian ini menyebabkan rasa aman, nyaman, lancar dan efisien dalam pergerakan lalu lintas akan sulit diwujudkan.

Undang-Undang RI Nomor 22 Tahun 2009 tentang lalu lintas dan angkutan jalan pasal 112 ayat 3 tertulis bahwa pada persimpangan jalan yang dilengkapi Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas pengemudi kendaraan dilarang langsung berbelok kiri, kecuali ditentukan lain oleh Rambu Lalu Lintas atau Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas. Jadi pengemudi diharuskan melihat apakah ada rambu lain yang

memperbolehkan pengemudi untuk langsung belok kiri.

Simpang Lima Kota Bengkulu merupakan salah satu simpang bersinyal terpadat di Kota Bengkulu. Simpang Lima Kota Bengkulu merupakan pertemuan antara Jalan Basuki Rahmat, jalan Soeprapto, jalan Soekarno Hatta, jalan Fatmawati, dan Jalan S. Parman. Letak Simpang Lima berada di daerah komersial dan akses menuju pusat kota. Jumlah kendaraan yang melintas cukup besar, terutama pada jam-jam sibuk. Hal ini berakibat pada terjadinya tundaan lalu lintas yang cukup panjang. Simpang Lima Kota Bengkulu menerapkan belok kiri langsung.

Menurut Nugroho (2008), penerapan belok kiri langsung (*LTOR/Left Turn On Red*) akan mengurangi lebar efektif kaki pendekat karena harus menyediakan lajur khusus belok kiri. Saat kondisi arus lalu lintas lurus dan belok kanan yang besar, sementara lalu lintas yang belok kiri hanya sedikit, mengakibatkan arus lalu lintas lurus dan belok kanan harus mengantri pada lajur yang sempit. Sedangkan bila lajur belok kiri kosong akan mengakibatkan tundaan yang besar bagi arus lalu lintas lurus dan belok kanan.

Tujuan dari penelitian ini adalah ingin mengetahui efektifitas penerapan belok kiri langsung dan pengaruhnya terhadap kinerja Simpang Lima Kota Bengkulu.

LANDASAN TEORI

Belok Kiri Langsung

Belok kiri langsung sedapat mungkin digunakan bila ruang jalan yang tersedia mencukupi untuk kendaraan belok kiri melewati antrian lalu lintas lurus dari mulut persimpangan yang sama dan dengan aman bersatu dengan lalu lintas lurus dari fase lainnya yang masuk ke lengan simpang yang sama (MKJI 1997). Belok kiri langsung (*LTOR/Left Turn On Red*) yakni indeks

untuk lalu lintas belok kiri yang diizinkan lewat pada saat sinyal merah (Munawar, 2006).

Ketentuan mengenai belok kiri tercantum dalam Undang-undang Republik Indonesia No.22 Tahun 2009 tentang lalu lintas dan angkutan jalan pasal 112 :

1. Pengemudi kendaraan yang akan berbelok atau berbalik arah wajib mengamati situasi lalu lintas di depan, di samping, dan di belakang kendaraan serta memberikan isyarat dengan lampu penunjuk arah atau isyarat tangan.
2. Pengemudi kendaraan yang akan berpindah lajur atau bergerak ke samping wajib mengamati situasi lalu lintas di depan, di samping dan di belakang kendaraan serta memberikan isyarat.
3. Pada persimpangan jalan yang dilengkapi Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas, pengemudi kendaraan dilarang langsung berbelok kiri, kecuali ditentukan lain oleh Rambu Lalu Lintas atau Alat Pemberi Isyarat Lalu Lintas.

Pada penjelasan ayat (3) dijabarkan "Alat pemberi isyarat lalu lintas pengatur belok kiri adalah alat pemberi isyarat lalu lintas yang menunjukkan arah yang wajib dipatuhi oleh pengemudi kendaraan yang akan belok kiri". Artinya, pengemudi diharuskan melihat apakah ada rambu lain yang memperbolehkan pengemudi untuk langsung belok kiri. Bila ada lampu lalu lintas dengan tanda panah belok kiri yang berfungsi seperti biasa atau ada rambu lain, maka pengemudi harus mengikuti rambu tersebut.

Dalam Peraturan Pemerintah Nomor 43 tahun 1993 tentang Prasarana dan Lalu Lintas Jalan pasal 22 dijelaskan mengenai marka jalan yang mengatur kendaraan boleh belok kiri langsung atau tidak, sebagai berikut:

1. Marka melintang sebagaimana dimaksud dalam pasal 19 ayat (2) huruf b, berupa: garis utuh dan aris putus-putus.

2. Marka melintang berupa garis utuh sebagaimana dimaksud dalam ayat (1) huruf a, menyatakan batas berhenti bagi kendaraan yang diwajibkan berhenti oleh alat pemberi isyarat lalu lintas atau rambu stop.
3. Marka melintang berupa garis putus-putus sebagaimana dimaksud dalam ayat (1) huruf b, menyatakan batas yang tidak dapat dilampaui kendaraan sewaktu memberi kesempatan kepada kendaraan yang mendapat hak utama pada persimpangan.

Nugroho (2008), meneliti analisis penerapan belok kiri langsung terhadap tundaan lalu lintas pada pendekat persimpangan bersinyal dengan lokasi penelitian di Kota Semarang dan menyimpulkan bahwa titik kritis atau titik potong grafik (*intercept*) mempunyai kemiringan semakin berhimpitan, cenderung menunjukkan bahwa kinerja LTOR dan NLTOR hampir sama atau mempunyai nilai selisih yang kecil. Sehingga apabila titik kritis tersebut semakin bergeser ke kanan menunjukkan bahwa presentase komposisi kendaraan belok kiri mempunyai pengaruh yang kecil terhadap tundaan.

Persimpangan

Persimpangan merupakan pertemuan dari ruas-ruas jalan yang fungsinya untuk melakukan perubahan arah arus lalu lintas. Persimpangan dapat bervariasi dari persimpangan sederhana yang terdiri dari pertemuan dua ruas jalan sampai persimpangan kompleks yang terdiri dari pertemuan beberapa ruas jalan (LPM ITB, 1999). Kapasitas persimpangan merupakan arus maksimum kendaraan yang dapat melewati persimpangan menurut kontrol yang berlaku, kondisi lalu lintas, dan kondisi geometrik jalan (Hobb, 1995).

Ketika dirasa perlu untuk mengakomodasi volume yang tinggi dari arus lalu lintas dengan aman dan efisien melalui persimpangan, digunakan lajur lalu lintas

yang dipisahkan dalam tingkatan, dan ini umumnya disebut *interchange*. Jenis dan desain *interchange* dipengaruhi oleh banyak faktor seperti klasifikasi jalan raya, karakter dan komposisi lalu lintas, kecepatan dan tingkat pengendalian akses (Khisty, 2003).

Waktu antar hijau adalah waktu antara berakhirnya hijau dengan berawalnya hijau fasa berikutnya. Panjang periode *intergreen* diperoleh dari waktu pengosongan dan masuk dari arus lalu lintas yang konflik mengacu kepada titik konflik. Kegunaan dari *intergreen* (periode antar hijau) diantara dua fase yang berurutan adalah untuk memperingatkan lalu lintas yang sedang bergerak bahwa fase sudah berakhir dan untuk menjamin agar kendaraan terakhir pada fase hijau yang baru saja diakhiri memperoleh waktu yang cukup untuk ke luar dari daerah konflik sebelum kendaraan pertama dari fase berikutnya memasuki daerah yang sama. Gambar 1 memberikan penjelasan tentang urutan perubahan sinyal dengan sistem dua fase.

Kinerja Simpang Bersinyal

Berdasarkan Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) Tahun 1997 prosedur perhitungan kinerja simpang bersinyal adalah sebagai berikut :

1. Kondisi geometri, pengaturan lalu lintas, dan lingkungan. Kondisi geometri digambarkan dalam bentuk sketsa persimpangan yang berisi informasi mengenai lebar jalan, lebar bahu, lebar lajur, jumlah lajur dan jalur pada masing-masing lengan. Kondisi lingkungan jalan berisi informasi mengenai tipe lingkungan jalan yang dibagi menjadi tiga tipe yaitu : tipe komersial (COM), tipe perumahan (RES), dan tipe akses terbatas (RA).
2. Kondisi arus lalu lintas. Data lalu lintas dikelompokkan menjadi tipe kendaraan tidak bermotor (UM), sepeda motor (MC), kendaraan ringan (LV), dan

kendaraan berat (HV). Arus lalu lintas tiap mulut simpang (*approach*) dibagi menjadi gerakan belok kanan, gerakan belok kiri, dan gerakan lurus. Setiap *approach* harus dihitung perbandingan belok kiri (PLT) dan perbandingan belok kanan (PRT), berdasarkan rumus berikut :

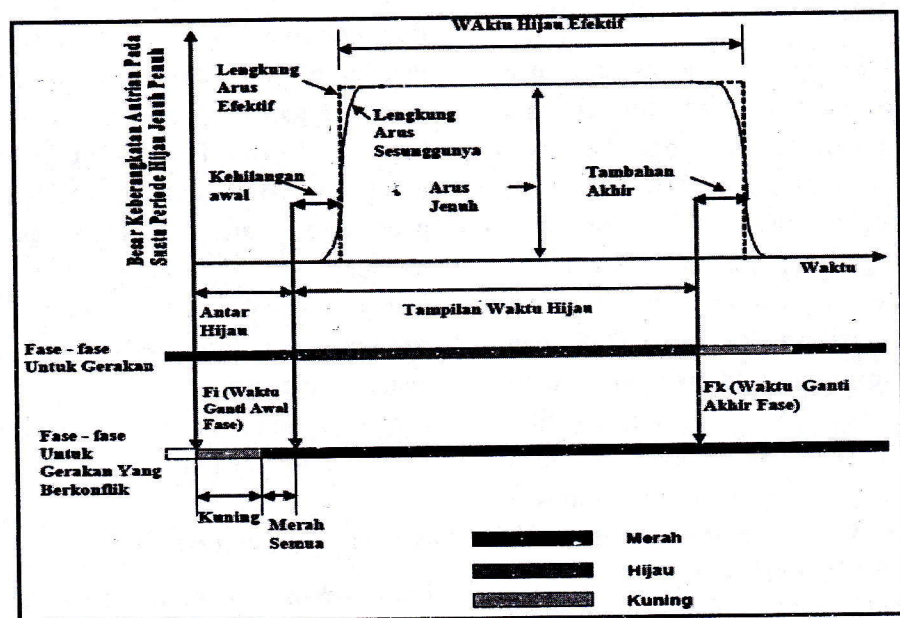
$$PLT = \frac{LT(smp/jam)}{Total(smp/jam)} \quad (1)$$

$$PRT = \frac{RT(smp/jam)}{Total(smp/jam)} \quad (2)$$

Dimana :

LT = arus lalu lintas belok kiri

RT = arus lalu lintas belok kanan



Sumber: MKJI, 1997

Gambar 1. Urutan Waktu Pada Pengaturan Sinyal Dengan Dua Fase

Ekivalen mobil penumpang (emp) digunakan untuk menghitung arus lalu lintas dalam smp/jam untuk masing-masing jenis kendaraan baik kondisi terlindung dan/atau terlawan menggunakan emp pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Konversi emp

Tipe Kendaraan	Nilai smp	
	Terlindung	Terlawan
LV	1,0	1,0
HV	1,3	1,3
MC	0,2	0,4

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997

Penggunaan Sinyal

1. Penentuan fase sinyal

Fase adalah rangkaian dari kondisi yang diberlakukan untuk suatu arus atau beberapa arus, yang mendapatkan identifikasi lampu lalu lintas yang sama. Bila arus belok kanan dari satu kaki dan arus belok kanan kaki lawan arah terjadi pada fase yang sama, arus ini dinyatakan sebagai *opposed*. Sedangkan arus belok kanan yang dipisahkan fasenya dengan arus lurus atau belok kanan tidak diijinkan, maka arus ini dinyatakan sebagai *protected*.

- Waktu antar hijau dan waktu hilang Untuk analisa perencanaan, waktu antar hijau (kuning+merah semua) dapat diasumsikan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Antar Hijau

Ukuran Simpang	Rata-rata Lebar Jalan	Nilai Normal Waktu Antar Hijau
Kecil	6 - 9 m	4 detik / fase
Sedang	10 - 14 m	5 detik / fase
Besar	> 15 m	> 6 detik / fase

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997

Penentuan Waktu Sinyal

1. Tipe mulut persimpang (*approach*)

Suatu *approach* terlawan (tipe O) yaitu jika arus belok kiri dari suatu *approach* yang ditinjau dari arah berlawanan terjadi dalam fase yang sama dengan arus berangkat lurus dan belok kanan dari *approach* tersebut. Sedangkan suatu *approach* terlindung (tipe P) yaitu

jika tidak ada arus belok kiri dari *approach-approach* tersebut, atau jika arus belok kiri diberangkatkan ketika lalulintas lurus dari arah berlawanan sedang menghadapi merah. Menentukan tipe mulut simpang (*approach*) terdiri dari tipe terlindung (P) dan tipe berlawanan (O) dengan bantuan Gambar 2.

Tipe pendekatan	Keterangan	Contoh pola-pola pendekatan		
Terlindung P	Arus berangkat tanpa konflik dengan lalu lintas dari arah berlawanan	Jalan satu arah	Jalan satu arah	Simpang T
		Jalan dua arah, gerakan belok kanan terbatas		
		Jalan dua arah, fase sinyal terpisah untuk masing-masing arah		
Terlawan O	Arus berangkat dengan konflik dengan lalu lintas dari arah berlawanan	Jalan dua arah, arus berangkat dari arah-arah berlawanan dalam fase yang sama. Semua belok kanan tidak terbatas		

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 1993

Gambar 2. Penentuan Tipe Mulut Persimpangan (MP)

2. Arus Jenuh Dasar

Arus jenuh dasar dihitung dengan rumus:

$$S_0 = 600 \times W_e \text{ (smp/jam hijau)} \quad (3)$$

3. Menentukan Nilai Arus Jenuh (S)

Nilai arus jenuh dapat dihitung dengan

menggunakan rumus berikut:

$$S = S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT} \text{ (smp/jam hijau)} \quad (4)$$

Dimana :

S_0 = arus jenuh dasar

F_{CS} = faktor koreksi ukuran kota

F_{SF} = faktor koreksi gangguan simpang
 F_G = faktor koreksi kelandaian/gradien
 F_P = faktor koreksi parkir
 F_{RT} = faktor koreksi belok kanan
 F_{LT} = faktor koreksi belok kiri

Kapasitas

Menentukan kapasitas (C) dari setiap mulut persimpangan berdasarkan rumus berikut :

$$C = S \times g / c \quad (5)$$

Dimana :

C = kapasitas (smp/jam)
 S = arus jenuh (smp/jam)
 g = waktu hijau (detik)
 c = waktu siklus yang ditentukan (detik)

Sehingga dapat dihitung berapa nilai derajat jenuh dengan menggunakan rumus di bawah ini :

$$DS = Q / C \quad (6)$$

Dimana :

DS = derajat jenuh
 Q = arus lalu lintas (smp/jam)
 C = kapasitas (smp/jam)

Perilaku Lalu Lintas

Dari hasil perhitungan data sebelumnya maka dapat diketahui perilaku lalu lintas pada suatu mulut persimpangan yang meliputi panjang antrian, kendaraan berhenti, dan tundaan. Adapun persiapan yang perlu dilakukan dalam perhitungan ini antara lain persiapan waktu yang semula dalam satuan jam diganti menjadi satuan detik kemudian dihitung nilai perbandingan hijau, $GR = g / c$ yang telah diperoleh dari perhitungan sebelumnya.

Panjang Antrian

- Perhitungan nilai derajat jenuh (DS) dapat digunakan untuk menentukan jumlah antrian smp (NQ_1) yang merupakan sisa dari fase hijau terdahulu. Persamaan dihitung dengan:

untuk $DS > 0,5$

$$NQ_1 = 0,25 \times C \times \left[(ds - 1) \sqrt{(ds - 1)^2 - \frac{8 \times (ds - 0,5)}{c}} \right] \quad (7)$$

Untuk $DS \leq 0,5$

$$NQ_1 = 0 \quad (8)$$

Dimana :

NQ_1 = jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya
 DS = derajat jenuh; GR = rasio hijau; C = kapasitas (smp/jam)

- Jumlah antrian smp yang datang selama fase merah (NQ_2) dapat dihitung berdasarkan rumus berikut :

$$NQ_2 = C \times \frac{1 - GR}{1 - GR \times DS} \times \frac{Q}{3600} \quad (9)$$

Dimana :

NQ_2 = jumlah smp yang datang selama fase merah
 Q = volume lalu lintas yang masuk di luar LTOR (smp/detik)
 c = waktu siklus (detik)
 ds = derajat jenuh
 GR = rasio hijau (detik)

Jumlah antrian total dengan menjumlahkan kedua hasil diatas.

- Menentukan panjang antrian (QL) diperoleh dari perkalian antara NQ_{MAX} dengan rata-rata yang ditempati tiap smp (20 m²) dan dibagi dengan lebar masuk (W_{MASUK}), berdasarkan rumus berikut :

$$QL = \frac{NQ_{MAX} \times 20}{W_{MASUK}} \quad (10)$$

Kendaraan berhenti

- Angka henti (NS) adalah jumlah rata-rata berhenti per smp, termasuk berhenti berulang dalam antrian. Angka henti pada masing-masing pendekatan dapat dihitung berdasarkan rumus berikut ini:

$$NS = 0,9 \times \frac{NQ}{Q_{xc}} \times 3600 \quad (11)$$

Dimana :

C = waktu siklus (detik), Q = arus lalulintas (smp/jam)

- a. Jumlah kendaraan henti (N_{SV}) pada masing-masing mulut persimpangan dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$NSV = Q \times NS \text{ (smp/jam)} \quad (12)$$

- c. Menentukan angka henti seluruh simpang yang didapat dengan membagi jumlah kendaraan terhenti pada seluruh mulut persimpangan dengan arus simpang total Q dalam kend/jam.

$$NSTOT = \frac{\sum N_{SV}}{Q_{TOT}} \quad (13)$$

Tundaan

- a. Tundaan lalulintas rata-rata setiap mulut persimpangan (DT) dapat dihitung berdasarkan rumus berikut ini :

$$DT = cxA + \frac{NQ_1 \times 3600}{c} \quad (14)$$

Dimana :

DT = tundaan lalulintas rata-rata (det/smp)

C = waktu siklus yang disesuaikan (det)

$$A = \frac{0,5 \times (1 - GR)^2}{(1 - GR \times DS)}$$

GR = rasio hijau (g/c)

DS = derajat jenuh

NQ_1 = jumlah smp yang tersisa dari fase hijau sebelumnya

C = kapasitas (smp/jam)

- b. Tundaan geometri rata-rata masing-masing mulut persimpangan (DG) akibat perlambatan dan percepatan ketika menunggu giliran pada suatu simpang dan/atau diberhentikan oleh lampu lalulintas dihitung berdasarkan rumus berikut ini :

$$DG_j = (1 - P_{SV}) \times P_{TX6} + (P_{SV} \times 4) \quad (15)$$

Dimana :

DGJ = tundaan geometri rata-rata untuk *approach* (detik/smp)

PSV = rasio kendaraan terhenti pada *approach* = $\text{Min}(NS, 1)$

PT = rasio kendaraan berbelok pada *approach*

Tundaan geometri rata-rata LTOR diambil sebesar 6 detik.

- c. Tundaan rata-rata (det/smp) adalah penjumlahan dari tundaan lalulintas rata-rata dan tundaan geometri rata-rata.

$$D = DT + DG \quad (16)$$

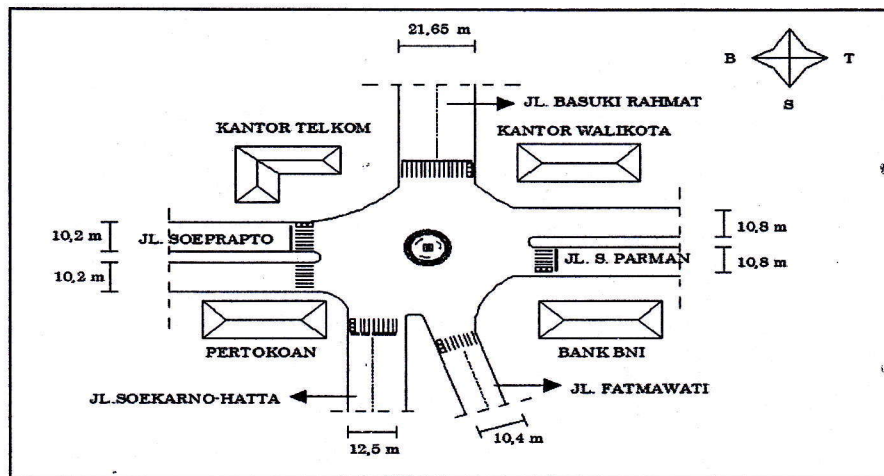
- d. Tundaan total (smp/det) adalah perkalian antara tundaan rata-rata dengan arus lalulintas ($D \times Q$).

- e. Tundaan rata-rata untuk seluruh simpang (DI) didapat dengan membagi jumlah nilai tundaan dengan arus total.

$$D_1 = \frac{\sum (Q \times D)}{Q_{TOT}} \text{ (det/smp)} \quad (17)$$

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Kota Bengkulu yaitu pada Simpang Lima yang merupakan pertemuan antara Jln. Basuki Rahmat, Jln. Soeprapto, Jln. Soekarno Hatta, Jln. Fatmawati, dan Jln. S. Parman. Simpang ini dipilih sebagai lokasi studi karena simpang tersebut merupakan simpang yang melayani arus lalulintas yang relatif tinggi dan merupakan kawasan daerah komersial. Penelitian ini difokuskan hanya pada ruas Jalan Soeprapto. Gambar 3 memperlihatkan sketsa lokasi penelitian.



Gambar 3. Sketsa Lokasi Penelitian

Penelitian difokuskan hanya pada ruas Jalan Soeprapto. Lokasi ruas jalan ini dipilih karena di ruas jalan tersebut diberlakukan aturan belok kiri langsung (LTOR) dan melayani arus lalu lintas yang relatif tinggi.

Proses Pengumpulan Data

Pengambilan data dilakukan pada hari hari Senin yang mewakili hari kerja dan hari Minggu yang mewakili hari libur. Waktu pengamatan dilakukan pada jam sibuk pagi pukul 06.30-08.40 WIB, jam sibuk siang 12.30-14.40 WIB, dan jam sibuk sore 16.30-18.40 WIB. Pengumpulan data dilakukan dengan dua cara, yaitu pengumpulan data primer dan pengumpulan data sekunder yang meliputi data primer terdiri dari :

- Kondisi geometrik meliputi lebar jalan, lebar lajur, jumlah lajur pada ruas Jalan Soeprapto.
- Kondisi lingkungan meliputi ukuran kota dan tata guna lahan.
- Survei arus lalu lintas yaitu survei menghitung jumlah kendaraan yang melewati ruas Jalan Soeprapto baik arah pergerakan lurus maupun arah pergerakan belok kiri.
- Survei waktu sinyal yaitu mengamati lampu lalu lintas untuk mengetahui durasi lampu lalu lintas yang sedang

berlangsung. Dengan cara menghitung durasi nyala lampu hijau, kuning, dan merah.

Data sekunder berupa data jumlah penduduk Kota Bengkulu tahun 2010 yang dikeluarkan oleh Biro Pusat Statistik (BPS) Kota Bengkulu.

Reduksi Data

Data hasil pengamatan biasanya ada yang menyimpang atau meragukan, untuk itu data harus direduksi untuk mendapatkan data pengamatan lajur belok kiri dan lajur lurus. Adanya data yang menyimpang bisa terjadi karena :

- Adanya kendaraan yang menempati lajur lurus tetapi sebelum lampu merah berakhir melakukan pergerakan belok kiri atau sebaliknya.
- Adanya kendaraan yang mogok di tengah jalan.

Apabila data hasil pengamatan mengandung kesalahan pada *point a* dan *point b*, maka data siklus tersebut tidak dipakai.

Simulasi I Operasional LTOR Terhadap Kinerja Simpang Lima.

Simulasi I operasional LTOR (*left turn on red*) terhadap kinerja Simpang Lima mengacu pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia tahun 1997 yang diterbitkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga. Dari hasil operasional LTOR dapat dilihat berapa nilai derajat kejenuhan apakah masih memenuhi batas toleransi atau tidak, seberapa panjang antrian yang terjadi serta nilai tundaan simpangan rata-rata.

Simulasi II Operasional N-LTOR Terhadap Kinerja Simpang Lima.

Simulasi II operasional N-LTOR (*no left turn on red*) terhadap kinerja Simpang Lima mengacu pada Manual Kapasitas Jalan Indonesia tahun 1997. Dalam simulasi II, dianggap kendaraan LTOR hasil simulasi I ini tidak boleh LTOR. Dengan demikian, data hasil simulasi kendaraan LTOR dijumlahkan dengan data hasil simulasi LTOR saat merah. Dari hasil operasional kendaraan tidak LTOR dapat dilihat berapa nilai derajat kejenuhan apakah masih memenuhi batas toleransi atau tidak, seberapa panjang antrian yang terjadi, serta nilai tundaan simpangan rata-rata.

Ukuran Sampel

Menurut Al-Rasyid (1994) dalam Riduwan (2011), dalam menentukan ukuran sampel digunakan rumus:

$$no = \left[\frac{Z\alpha}{2*BE} \right]^2 \quad (18)$$

Dimana :

- α = Taraf kesalahan besarnya diambil 0,05
- N = Jumlah populasi
- BE = Bound of eror diambil 5 %
- Z = Nilai dari tabel Z dimana Z = 1,96

Jika $no > 0,05 N$ maka besarnya sampel dapat dihitung dengan rumus :

$$no = \frac{no}{1 + \frac{no-1}{N}} \quad (19)$$

Analisis

Analisis secara statistik digunakan untuk memperoleh kesimpulan yang jelas dari hipotesis yang ditetapkan, pengumpulan data dan pengujian hipotesisnya. Statistik difokuskan pada pengujian hipotesis. Dalam kaitannya dengan penelitian ini, analisis secara statistik diperlukan untuk melihat apakah ada pengaruh belok kiri langsung (LTOR) terhadap kinerja simpang bersinyal. Dengan melakukan uji-Z maka dapat ditarik kesimpulan dari hipotesis yang ditetapkan.

Uji Hipotesis

Dalam penelitian ini yang dibandingkan adalah *mean* tundaan pada setiap lengan simpang. Hipotesis-hipotesis yang ditentukan adalah :

$H_0 : (\overline{X}_1) = (\overline{X}_2)$, tidak ada perbedaan nyata antara arus pada lajur lurus dengan arus pada lajur belok kiri

$H_1 : (\overline{X}_1) \neq (\overline{X}_2)$, ada perbedaan nyata antara arus pada lajur lurus dengan arus pada lajur belok kiri.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Geometrik

Dari hasil pengamatan lapangan, diperoleh karakteristik geometrik ruas Jalan Soepratto adalah sebagai berikut :

1. Jalan empat lajur dua arah dengan median (4/2D)
2. Lebar lajur belok kiri = 2 m
3. Lebar lajur lurus = 8,2 m
4. Lebar median = 0,76 m
5. Fasilitas pejalan kaki tersedia

6. Marka jalan tersedia dan masih terlihat jelas
7. Kondisi perkerasan baik dan gradien jalan datar
8. Pergerakan kendaraan dari arah ruas Jalan Soeprapto kearah ruas Jalan Basuki Rahmat adalah LTOR (Belok kiri langsung)
9. Lampu penerangan tersedia

Kondisi Lingkungan

1. Ukuran kota
Jumlah penduduk Kota Bengkulu pada tahun 2010 adalah 308.756 jiwa (BPS, 2011).
2. Tata guna lahan
Di ruas Jalan Soeprapto termasuk dalam tipe lingkungan komersial, dimana terdapat pertokoan dan pasar tradisional.

Durasi Sinyal Lampu Lalulintas

Pengaturan sinyal lampu lalulintas Simpang Lima Kota Bengkulu menerapkan sistem *fixed time* (waktu tetap), dengan durasi waktu siklus 160 detik. Distribusi waktu siklus terbagi atas tampilan hijau selama 30 detik, kuning selama 3 detik dan merah selama 127 detik. Pergerakan kendaraan dari

arah ruas Jalan Soeprapto ke ruas Jalan Basuki Rahmat adalah belok kiri langsung (LTOR), saat lampu lalulintas di ruas Jalan Soeprapto mendapat giliran merah.

Pergerakan Arus dan Volume Lalulintas

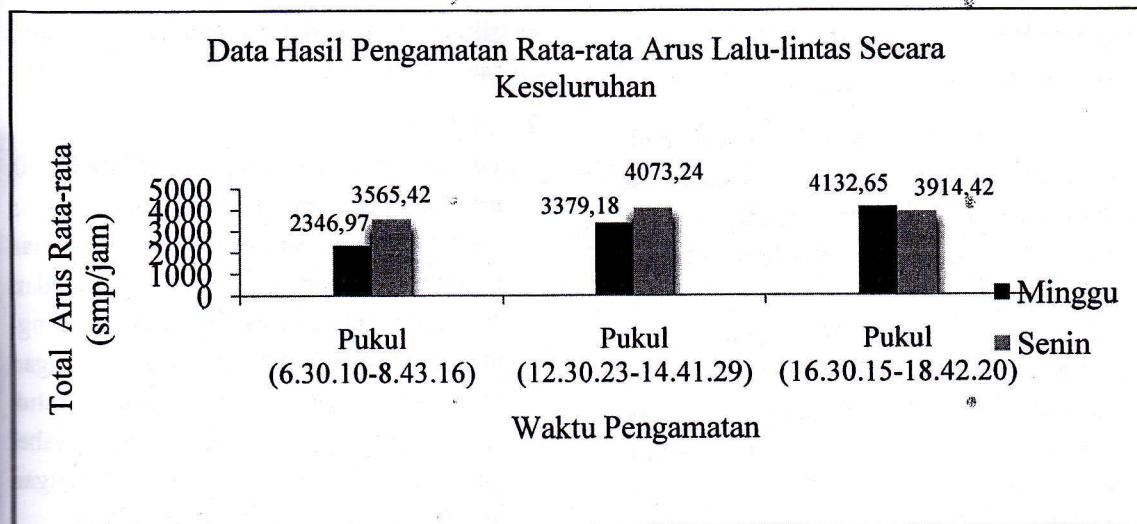
1. Arus jam puncak

Arus jam puncak diambil dari arus lalulintas rata-rata yang tertinggi baik untuk pengamatan hari Minggu maupun pengamatan hari Senin. Hasil pengolahan data arus lalulintas rata-rata secara keseluruhan disajikan pada Tabel 3 dan ditampilkan pada Gambar 4. Pada Tabel 3 menunjukkan bahwa arus jam puncak pada ruas Jalan Soeprapto terjadi pada hari Minggu tanggal 18 Desember 2011 pukul 16.30.15 wib s.d. 18.42.20 wib, dengan arus lalulintas sebesar 4132,65 smp/jam, dan untuk hari Senin tanggal 19 Desember 2011 terjadi pada pukul 12.30.23 wib sampai dengan pukul 14.41.29 wib, dengan arus lalulintas sebesar 4073,24 smp/jam.

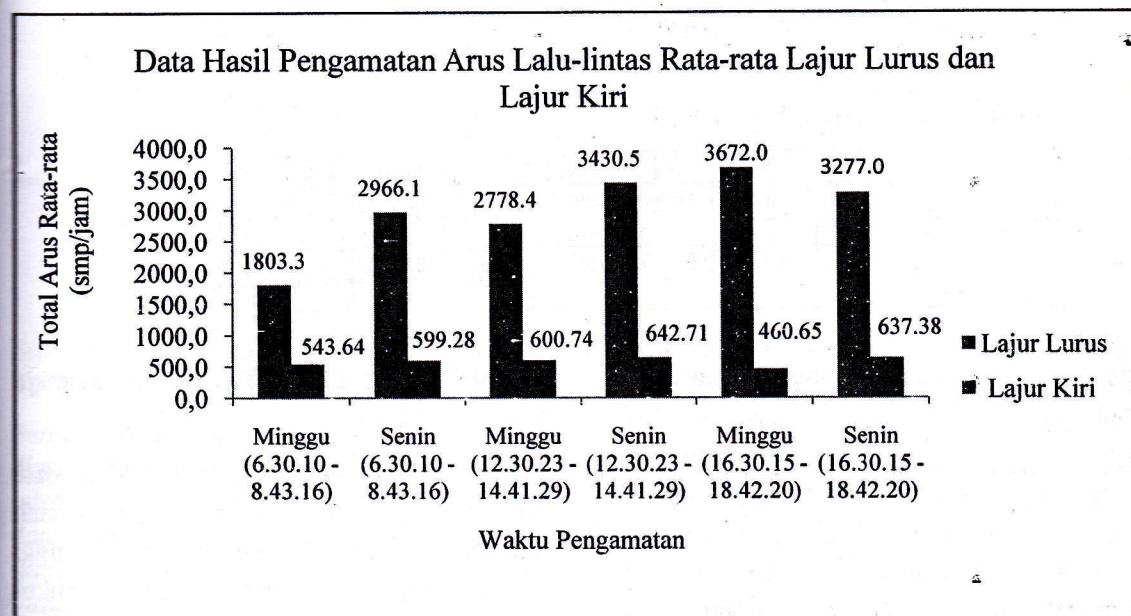
Data hasil pengamatan arus lalulintas rata-rata lajur lurus untuk tiap siklus dan lajur belok kiri ditampilkan dalam Gambar 5.

Tabel 3. Data Hasil Pengamatan Arus Lalulintas Rata-rata

NO	Pengamatan	Total Arus LaluLintas Lajur Lurus (smp/jam)	Total Arus Lalulintas Lajur Belok Kiri (smp/jam)	Total Keseluruhan (smp/jam)
1	Minggu (6.30.10 - 8.43.16)	1803,33	543,64	2346,97
2	Minggu (12.30.23 - 14.41.29)	2778,44	600,74	3379,18
3	Minggu (16.30.15 - 18.42.20)	3672,00	531,09	4132,65
4	Senin (6.30.10 - 8.43.16)	2966,14	599,28	3565,42
5	Senin (12.30.23 - 14.41.29)	3430,53	642,71	4073,24
6	Senin (16.30.15 - 18.42.20)	3277,03	637,38	3914,42



Gambar 4. Data Hasil Pengamatan Rata-rata Arus Lalulintas Secara Keseluruhan



Gambar 5. Data Hasil Pengamatan Rata-rata Arus Lalulintas Lajur Lurus dan Lajur Belok Kiri

2. Pergerakan Belok Kiri Langsung (LTOR)

Berdasarkan pengamatan lapangan, kondisi pergerakan di ruas Jalan Soeprpto saat ini adalah seluruh pengemudi kendaraan melakukan belok kiri langsung pada saat lampu merah. Di ruas jalan tersebut memang terdapat tanda “belok kiri langsung hati-hati”. Tetapi di ruas Jalan Soeprpto tersebut terdapat marka melintang berupa garis utuh, yang menyatakan batas yang tidak dapat dilampaui kendaraan yang diwajibkan berhenti oleh alat pemberi

isyarat lalu lintas (PP No. 43 tahun 1993 tentang Prasarana dan Lalu lintas Jalan pasal 22 ayat 2).

Dari hasil perhitungan arus lalu lintas rata-rata LTOR untuk hari Minggu berkisar 3925,36 smp/jam, sedangkan untuk arus lalu lintas rata-rata LTOR untuk hari Senin berkisar 3714,2 smp/jam.

Uji Statistik

1. Menentukan jumlah sampel

Setelah diperoleh arus jam puncak pada hari Minggu dan hari Senin kemudian dilakukan uji statistik untuk melihat kecukupan data. Untuk hari Minggu pukul 16.30.15 wib sampai dengan pukul 18.42.20 wib didapatkan data pengamatan sebanyak 40 siklus, dari uji statistik disyaratkan minimal 37 siklus. Maka data sebanyak 40 siklus mencukupi. Untuk hari Senin pukul 12.30.23 wib sampai dengan pukul 14.41.29 wib didapatkan data pengamatan sebanyak 43 siklus, dari hasil uji statistik disyaratkan minimal 39

siklus. Maka data sebanyak 43 siklus mencukupi.

2. Uji hipotesis

Untuk sampel dengan jumlah data $N < 30$, uji Z merupakan pengujian yang paling cocok untuk uji hipotesis. Uji Z bertujuan untuk membandingkan dua *mean* dari suatu sampel independen, yang masing-masing berasal dari populasi. Dengan kata lain, uji ini dilakukan untuk mengetahui apakah *mean* suatu variabel pada satu kelompok berbeda dengan kelompok yang lain (Spiegel, 1988).

Hasil perhitungan uji statistik dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Nilai Z_{hitung}

Hari	X_1	X_2	S_1	S_2	Z_{hitung}	Z_{tabel}	Keterangan
Minggu (16.30.15–18.42.20)	3672	460,6	648,6	221,1	23,35	1,96	$Z_{hitung} > Z_{tabel}$
Senin (6.30.10 – 8.43.16)	3430,5	642,7	556	220,2	23,56	1,96	$Z_{hitung} > Z_{tabel}$

Berdasarkan hasil perhitungan Tabel 4, maka dengan taraf nyata sebesar 5% diperoleh nilai $Z_{tabel} = 1,96$. Hal ini menunjukkan bahwa nilai Z_{hitung} yang diperoleh lebih besar dari Z_{tabel} baik untuk data pengamatan pada hari Minggu dan data pengamatan pada hari Senin. Sehingga dapat diperoleh kesimpulan bahwa H_0 ditolak pada taraf nyata 0,05 dan H_1 diterima, artinya secara statistik ada perbedaan yang nyata antara arus jenuh lajur lurus dengan arus jenuh lajur belok kiri.

Dari hasil uji hipotesis tersebut perlu dilakukan perhitungan dan analisis untuk melihat apakah simulasi I LTOR dan simulasi II N-LTOR berpengaruh terhadap tundaan dan panjang antrian.

Simulasi I LTOR Terhadap Kinerja Simpang Lima

Untuk perhitungan simulasi I LTOR data arus lalu lintas yang akan digunakan adalah data arus lalu lintas rata-rata yang tertinggi yaitu pada hari libur (Minggu) pukul 16.30.15 wib sampai dengan pukul 18.42.20 wib sebanyak 40 siklus dan pada hari kerja (Senin) pukul 12.30.23 wib sampai dengan pukul 14.41.29 wib sebanyak 43 siklus. Data yang direduksi adalah data kendaraan yang tidak bergerak sesuai dengan lajunya masing-masing dan adanya kendaraan yang mogok.

Pada simulasi I LTOR, perhitungan arus lalu lintas dilakukan dengan menjumlahkan arus lalu lintas (Q_{lurus}) saat periode hijau di lajur lurus dan arus lalu lintas (Q_{kiri}) saat periode hijau di lajur kiri kemudian arus lalu lintas dirata-ratakan. Tabel 7 menyajikan nilai kapasitas dan derajat kejenuhan pada

kondisi I LTOR dan Tabel 8 menampilkan perilaku lalu lintas pada ruas Jalan Soeprapto

yang meliputi panjang antrian, kendaraan terhenti, dan tundaan.

Tabel 7. Nilai Kapasitas dan Derajat Kejenuhan Pada Kondisi I LTOR

No	Item tinjauan	Hari	
		Minggu	Senin
1	Arus Jenuh (S), smp/jam	4825,62	4825,62
2	Waktu Hijau (g), detik	33	33
3	Waktu Siklus (c), detik	160	160
4	Arus Lalu lintas (Q), smp/jam	3925,36	3714,20
5	Kapasitas, $C = S * \frac{g}{c}$, smp/jam	995,28	995,28
6	Derajat Kejenuhan (DS) $DS = \frac{Q}{C}$	3,94	3,73
7	$FR = \frac{Q}{S}$	0,81	0,77

Tabel 8. Perilaku LTOR Lalu lintas di Ruas Jalan Soeprapto Simpang Lima

No	Item tinjauan	Hari	
		Minggu	Senin
1	Panjang Antrian QL (m)	213,73	201,96
2	Rasio Kendaraan NS (stop/smp)	0,72	0,72
3	Jumlah Kendaraan Terhenti NSV (smp/jam)	2826,90	2672,80
4	Tundaan Lalu lintas rata-rata (DT) (smp/detik)	12,23	9,07
5	Tundaan Geometrik rata-rata (DG) (smp/detik)	3,049	3,05
6	Tundaan Rata-rata, $D = DT + DG$ (smp/detik)	15,28	12,11
7	Tundaan Total, $(D \times Q)$ (smp/detik)	16,65	12,48

Simulasi II Operasional N-LTOR Terhadap Kinerja Simpang Lima

Pada simulasi II ini data arus lalu lintas yang digunakan adalah data rata-rata arus lalu lintas yang tertinggi pada hari Minggu dan pada hari Senin. Untuk perhitungan arus lalu lintas pada simulasi II N-LTOR ini, yaitu dengan menggabungkan arus lalu lintas (Q_{lurus}) saat periode hijau di lajur lurus dan arus lalu lintas (Q_{kiri}) saat periode hijau

ditambah saat periode merah di lajur kiri kemudian jumlahkan seluruh total arus lalu lintas ini dan di rata-ratakan.

Tabel 9 berikut ini menyajikan nilai kapasitas dan derajat kejenuhan, Tabel 10 menampilkan perilaku lalu lintas yang meliputi panjang antrian, kendaraan terhenti, dan tundaan pada ruas Jalan Soeprapto kondisi II N-LTOR.

Tabel 9. Nilai Kapasitas dan Derajat Kejenuhan Pada Kondisi II N-LTOR

No	Item tinjauan	Hari	
		Minggu	Senin
1	Arus Jenuh (S), smp/jam	4825,62	4825,62
2	Waktu Hijau (g), detik	33	33
3	Waktu Siklus (c), detik	160	160
4	Arus Lalu lintas (Q), smp/jam	4132,60	4073,20
5	Kapasitas, $C = S * \frac{g}{c}$, smp/jam	995,28	995,28
6	Derajat Kejenuhan (DS) $DS = \frac{Q}{C}$	4,15	4,09
7	$FR = \frac{Q}{S}$	0,86	0,84

Tabel 10. Perilaku N-LTOR Lalulintas Ruas Jalan Soeprapto Simpang Lima

No	Item tinjauan	Hari	
		Minggu	*Senin
1	Panjang Antrian QL (m)	223,53	219,61
2	Rasio Kendaraan NS (stop/smp)	0,72	0,72
3	Jumlah Kendaraan Terhenti NSV (smp/jam)	2980,98	2929,63
4	Tundaan Lalu- lintas rata-rata (DT) (smp/detik)	15,39	13,81
5	Tundaan Geometrik rata-rata (DG) (smp/detik)	3,052	3,045
6	Tundaaan Rata-rata, $D = DT + DG$ (smp/detik)	18,44	*16,85
7	Tundaan Total, $(D \times Q)$ (smp/detik)	21,21	19,04

Pembahasan Hasil Simulasi I LTO dan simulasi II N-LTOR

Tabel 11 berikut adalah data hasil penelitian yang meliputi nilai arus lalulintas rata-rata

(Q), derajat kejenuhan (DS), panjang antrian (QL), dan nilai tundaan total (D), kondisi operasional LTOR dan N-LTOR.

Tabel 11. Nilai Q, DS, QL, D pada Simulasi LTOR dan N-LTOR

Keterangan	LTOR			N-LTOR		
	Minggu	Senin	rata-rata	Minggu	Senin	rata-rata
Q(smp/jam)	3925,4	3714,2	3819,8	4132,6	4073,2	4102,90
DS	3,94	3,73	3,83	4,15	4,09	4,12
QL(m)	213,73	201,96	207,84	223,53	219,61	221,57
D(smp/detik)	16,65	12,48	14,57	21,21	19,04	20,13

Berdasarkan Tabel 11, untuk simulasi I LTOR didapatkan nilai derajat kejenuhan besarnya 3,38. Secara teoritis semakin besar nilai derajat kejenuhan maka kinerja sebuah simpang semakin buruk. Panjang antrian sebesar 207,84 m. Panjang antrian menunjukkan banyaknya kendaraan yang tertunda akibat banyaknya kendaraan yang terhenti di suatu simpang bersinyal. tundaan total didapatkan nilai sebesar 14,57 smp/detik. Besarnya nilai tundaan total ini disebabkan karena akibat akumulasi tundaan rata-rata terhadap arus lalulintas yang melewati ruas Jalan Soeprapto pada Simpang Lima Kota Bengkulu.

Derajat kejenuhan pada simulasi II N-LTOR sebesar 4,12. Panjang antrian sebesar 221,57 m. Tundaan total sebesar 20,13 smp/detik.

Dari uraian di atas nampak bahwa jika dibandingkan terhadap nilai derajat kejenuhan, kinerja Simpang Lima Kota

Bengkulu pada ruas Jalan Soeprapto jauh lebih baik jika diberlakukan LTOR.

Dengan memperhatikan besarnya nilai derajat kejenuhan (DS), panjang antrian (QL), tundaan total (D), penerapan LTOR maupun N-LTOR pada Simpang Lima Kota Bengkulu di ruas Jalan Soeprapto, memang sudah tidak efektif lagi karena telah melampaui batas toleransi yang diisyaratkan oleh Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997) yaitu sebesar $DS < 0.8$. Untuk itu perlu dilakukan peninjauan ulang terhadap manajemen lalulintas di ruas Jalan Soeprapto yaitu dengan melakukan pelebaran jalan atau melakukan *setting* ulang waktu siklus sinyal lampu lalulintas.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Arus puncak lalulintas pada Simpang Lima di ruas Jalan Soeprapto terjadi pada hari Minggu pukul 16.30.15 wib s.d

- 18.42.20 wib dengan jumlah arus lalu lintas rata-rata sebesar 4132.65 smp/jam.
2. Simulasi I LTOR didapatkan nilai derajat kejenuhan sebesar 3,38. Panjang antrian sebesar 207,84 m. Tundaan total sebesar 14,57 smp/detik.
 3. Derajat kejenuhan pada simulasi II N-LTOR sebesar 4,12; panjang antrian sebesar 221,57 m dan tundaan total sebesar 20,13 smp/detik.
 4. Ditinjau dari nilai derajat kejenuhan, kinerja Simpang Lima Kota Bengkulu pada ruas Jalan Soeprapto jauh lebih baik jika diberlakukan LTOR.
 5. Penerapan LTOR pada Simpang Lima Kota Bengkulu di ruas Jalan Soeprapto, sudah tidak efektif lagi karena derajat kejenuhan faktual telah melampaui batas toleransi yang diisyaratkan oleh MKJI 1997.

Saran

Perlu peninjauan ulang terhadap manajemen lalu lintas yang ada di ruas Jalan Soeprapto yaitu dengan menata ulang waktu siklus sinyal lampu lalu lintas atau melakukan pelebaran jalan.

DAFTAR PUSTAKA

- Direktorat Jenderal Bina Marga. 1993. *Tata Cara Perencanaan Persimpangan Sebidang Jalan Perkotaan*. Departemen Pekerjaan Umum RI. Jakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*, Departemen Pekerjaan Umum RI. Jakarta.
- Hobbs, FD., 1995. *Perencanaan dan Teknik Lalu Lintas*. Gajah Mada University Press. Jogjakarta.
- Khisty C., Jotin. 2003. *Dasar-dasar Rekayasa Transportasi*. Erlangga. Jakarta.
- Lembaga Pengabdian Kepada Masyarakat ITB Jurusan Teknik Sipil. 1999. *Modul Pelatihan Sistem Transportasi Perkotaan*. ITB. Bandung.
- Munawar, Ahmad. 2006. *Manajemen Lalu Lintas Perkotaan*. Beta Offset. Jogjakarta.
- Nugroho, D. A. 2008. *Analisis Penerapan Belok Kiri Langsung Terhadap Tundaan Lalu lintas Pada Pendekat Persimpangan Bersinyal*, Tesis, Universitas Diponegoro. Semarang.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 43 Tahun 1993 Tentang Prasarana dan Lalu Lintas Jalan.
- Riduwan. 2011. *Dasar-dasar Statistika*. Alfabeta., Bandung.
- Undang-undang Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2009 Tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan.
- Badan Pusat Statistik. 2011. *Kota Bengkulu Dalam Angka*. Badan Pusat Statistik Kota Bengkulu.
- Murray R. . 1988. *Statistik Versi SI (metrik)*. Erlangga. Jakarta.